

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-119955

(43) 公開日 平成9年(1997)5月6日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R 29/08			G 0 1 R 29/08	Z
H 0 4 B 7/26			H 0 4 B 17/00	D
17/00			7/26	K

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平7-277539

(22) 出願日 平成7年(1995)10月25日

(71) 出願人 392026693

エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社  
東京都港区虎ノ門二丁目10番1号

(72) 発明者 犬飼 裕一郎

東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・  
ティ・ティ移動通信網株式会社内

(72) 発明者 今井 哲朗

東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・  
ティ・ティ移動通信網株式会社内

(72) 発明者 藤井 輝也

東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 エヌ・  
ティ・ティ移動通信網株式会社内

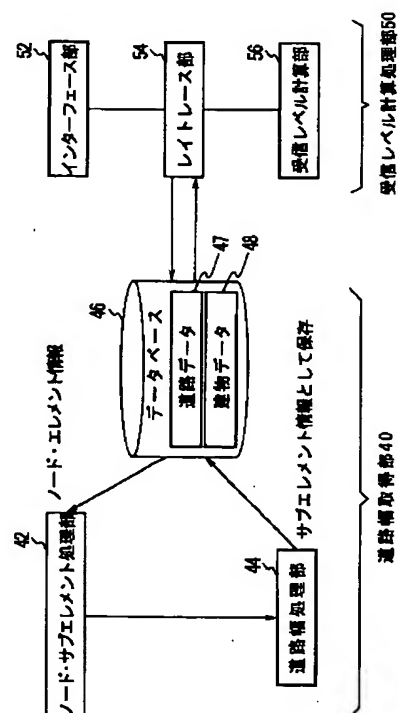
(74) 代理人 弁理士 川▲崎▼ 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 電界強度計算装置および電界強度推定方法

(57) 【要約】

【課題】 レイトレース法による計算を高速化することのできる電界強度計算装置および電界強度測定方法を提供すること。

【解決手段】 道路の位置を示す道路データに基づいて道路を直線のサブエレメントに分解し、道路に対する建物の位置を記憶した建物データを用いてサブエレメントの両側の建物間の距離を算出する。建物間の距離に基づいてサブエレメントの道路幅を算出し、サブエレメントを中心として相互に道路幅離れた位置を連続した壁面の位置として第1のメモリに格納する。また、道路の交差点における道路の交差角および壁面位置格納手段により記憶された壁面の位置に基づいて算出した、交差点における回折点の位置および回折角を表すデータを交差点に対応づけて第2のメモリに格納する。第1のメモリに格納した連続した壁面の位置ならびに第2のメモリに格納した回折点の位置および回折角に基づいて、送信点から受信点への電波の軌跡をトレースし、軌跡に基づいて受信点における電界強度を計算する。



## 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 送信点から放射される電波の軌跡を追跡し、受信点に到達する前記電波の強度を加算することにより前記受信点の電界強度を計算する電界強度計算装置において、

道路の位置を示す道路データに基づいて、前記道路を直線に分解して得られたサブエレメントの各々の位置を算出するノード・サブエレメント処理部と、

前記道路に対する建物の位置を記憶した建物データを用いて、前記サブエレメントの両側の建物間の距離に基づく道路幅データを算出する道路幅処理部と、

前記サブエレメントの両側の前記道路幅データに基づいた位置を、連続した壁面の位置として第1のメモリに格納する第1格納手段と、

前記第1のメモリに格納された前記壁面の位置に基づいて、前記送信点から前記受信点への前記電波の軌跡を求めるレイトレース部と当該レイトレース部により得られた前記軌跡に基づいて、前記受信点における電界強度を計算する受信レベル計算部とを備えたことを特徴とする電界強度計算装置。

【請求項2】 前記ノード・サブエレメント処理部は、前記道路データに基づいて、前記各サブエレメントの両端をなすノードの位置、および前記サブエレメントの前記ノードに対する位置関係を算出する手段を有し、前記ノードの位置、前記第1のメモリに格納された前記壁面の位置、および前記ノードにおける前記道路の交差角に基づいて算出した、前記ノードにおける回折点の位置および回折角を、当該ノードに対応づけて第2のメモリに格納する手段を更に備え、

前記レイトレース部は、前記第1のメモリに格納した前記壁面の位置、ならびに前記第2のメモリに格納した前記回折点の位置および回折角に基づいて、前記送信点から前記受信点への前記電波の軌跡を求める手段を更に有することを特徴とする請求項1に記載の電界強度計算装置。

【請求項3】 前記建物データは、前記建物の壁の位置を示す情報を含み、

前記ノード・サブエレメント処理部は、前記サブエレメントの両端の位置を算出する手段を有し、

前記道路幅処理部は、

前記サブエレメントの両端の位置に基づいて、前記建物データが表す前記壁面の中から、前記サブエレメントからの距離が所定の値以下である壁面を選択する手段と、選択された壁面の位置に基づいて前記道路幅データを算出する手段とを有することを特徴とする請求項2に記載の電界強度計算装置。

【請求項4】 前記道路幅処理部が、前記サブエレメントの両側に存在する壁面間の平均距離を前記道路幅データとし、

前記第1格納手段は、前記サブエレメントを中心とす

## 2

る、相互に前記平均距離だけ離れた位置を前記連続した壁面の位置として前記第1のメモリに格納することの特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の電界強度計算装置。

【請求項5】 送信点から放射される電波の軌跡を追跡し、受信点に到達する電波の強度を加算することにより、前記受信点の電界強度を計算する電界強度推定方法において、

道路の位置を示す道路データに基づいて前記道路を直線のサブエレメントに分解し、

前記道路に対する建物の位置を記憶した建物データを用いて、前記サブエレメントの両側の建物間の距離を算出し、

前記距離に基づいて前記サブエレメントの道路幅を算出し、

前記サブエレメントを中心として、相互に前記道路幅離れた位置を連続した壁面の位置として第1のメモリに格納し、

前記道路のノードにおける前記道路の交差角および前記壁面の位置に基づいて算出した、前記ノードにおける回折点の位置および回折角を表すデータを、当該ノードに対応づけて第2のメモリに格納し、

前記第1のメモリに格納した前記連続した壁面の位置、ならびに前記第2のメモリに格納した前記回折点の位置および回折角に基づいて、前記送信点から前記受信点への前記電波の軌跡をトレースし、

前記軌跡に基づいて前記受信点における電界強度を計算することを特徴とする電界強度推定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、移動体通信におけるサービスエリア内の電界強度を計算する電界強度計算装置および方法に関する。特に本発明は、電界強度推定方法の1つであるレイトレース法を用いて電界強度を計算する電界強度計算装置および電界強度推定方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】移動通信におけるサービスエリア内の電界強度を計算する方法にレイトレース(ray trace)法がある。図1に示すように、レイトレース法では波源(送信点)から放射された電波の素波である光線(レイ)が、壁や柱等の構造物で反射、透過、回折を繰り返して受信点に到達する軌跡(trace)を追跡する。受信点に到達した全てのレイの電力を加算することで電界強度を算出する。送信点から受信点までのレイの軌跡を求める方法として、イメージ法(imagemethod)がある。

【0003】図2に、イメージ法による計算方法を示す。イメージ法では送信点BSと受信点Pの間の反射点、透過点を幾何学的に求める。イメージ法によると受信点Pに到達するレイを正確に計算できる。しかし送信

## 3

点と受信点間の反射面および回折点を決定するためには、全ての構造物の反射面および回折点の全ての組み合わせの中から受信点に到達するレイを探索する必要がある。このため、構造物の反射面および回折点が増大した場合は計算量が指数関数的に増大するという欠点がある。この点に関しては、例えば、高橋賢 他：“イメージ法を用いた電波伝搬シミュレーション”、電子情報通信学会技術研究報告、RCS94-125 (1994-11) に詳しく説明されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】図3に、路上の送信点から路上の受信点に到達するレイをイメージ法で検索する検索例を示す。ここでは簡単のため、反射回数が1回の場合のみを示している。このように建物の反射面を認識し、送信点、受信点および建物の組合せを探索することにより、実際に反射波として存在し得るかを判定する。建物数がN個、建物1つにつき壁面がM個とすると、反射回数が一回の場合の反射面の組合せ数は $M \cdot N$ 個である。レイは反射面の組合せ回数だけ存在するので $M \cdot N$ 回となる。

【0005】一般には、1回反射のみでなく複数の壁面で反射するレイを考慮する必要がある。1回反射からk回反射のレイを考慮する場合、レイの数は、

## 【数1】

$$\begin{aligned} &1\text{回反射 } M \cdot N \\ &2\text{回反射 } M \cdot N (M \cdot N - 1) \\ &3\text{回反射 } M \cdot N (M \cdot N - 1)^2 \\ &\vdots \\ &k\text{回反射 } M \cdot N (M \cdot N - 1)^{k-1} \end{aligned}$$

となる。

【0006】このため、反射面の組合せ総数は

## 【数2】

$$\sum_{i=1}^k M \cdot N (M \cdot N - 1)^{i-1}$$

となる。レイの検索回数も同数となる。このように、建物数（反射面数）が増大するに従い検索に要する組合せ数は指数関数的に増大する。

【0007】レイ軌跡を簡易に求めるために溝形モデルを用いることができる。溝形モデルでは、図4に示すように道路幅に連続した壁面（反射面）があると仮定する。そして送信点と受信点の間の反射点および回折点を求め、レイの軌道を求める。溝形モデルでは反射面が道路の両側にしか存在しないので、受信点に到達するレイを簡易に検索できる。しかし、この方法では道路端に連続した壁面（反射面）があると考えるので、反射面の位置を求めるためには道路幅を知る必要がある。

【0008】図5に示すように車道の幅を道路幅として用いる方法と、図6に示す様に車道に歩道を含めた幅を道路幅として用いる方法とが考えられる。しかし、いず

## 4

れの方法の道路幅を用いても実際の建物の反射面位置は正しく計算されないので、電界強度の判断に誤差が生じる。

【0009】そこで本発明は、例えば道路上に基地局を置いて道路に沿ってサービスエリアを構成するストリートマイクロセルにおいて、レイトレース法による計算を高速化することのできる電界強度計算装置および電界強度測定方法を提供することを目的とする。

## 【0010】

10 【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、送信点から放射される電波の軌跡を追跡し、受信点に到達する電波の強度を加算することにより受信点の電界強度を計算する電界強度計算装置において、道路の位置を示す道路データに基づいて、道路を直線に分解して得られたサブエレメントの各々の位置を算出するノード・サブエレメント処理部と、道路に対する建物の位置を記憶した建物データを用いてサブエレメントの両側の建物間の距離に基づく道路幅データを算出する道路幅処理部と、サブエレメントの両側の道路幅データに基づいた位置を連続した壁面の位置として第1のメモリに格納する第1格納手段と、第1のメモリに格納された壁面の位置に基づいて送信点から受信点への電波の軌跡を求めるレイトレース部と、レイトレース部により得られた軌跡に基づいて受信点における電界強度を計算する受信レベル計算部とを備えたことを特徴とする。

【0011】また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の電界強度計算装置において、前記ノード・サブエレメント処理部は、前記道路データに基づいて、前記各サブエレメントの両端をなすノードの位置、および前記サブエレメントの前記ノードに対する位置関係を算出する手段を有し、前記ノードの位置、前記第1のメモリに格納された前記壁面の位置、および前記ノードにおける前記道路の交差角に基づいて算出した、前記ノードにおける回折点の位置および回折角を、当該ノードに対応付けて第2のメモリに格納する手段を更に備え、前記レイトレース部が、前記第1のメモリに格納した前記壁面の位置、ならびに前記第2のメモリに格納した前記回折点の位置および回折角に基づいて、前記送信点から前記受信点への前記電波の軌跡を求める手段を更に有することを特徴とする。

【0012】また、請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の電界強度計算装置において、前記建物データは、前記建物の壁の位置を示す情報を含み、前記ノード・サブエレメント処理部が、前記サブエレメントの両端の位置を算出する手段を有し、前記道路幅処理部が、前記サブエレメントの両端の位置に基づいて、前記建物データが表す前記壁面の中から、前記サブエレメントからの距離が所定の値以下である壁面を選択する手段と、選択された壁面の位置に基づいて前記道路幅データを算出する

## 5

手段とを有することを特徴とする。

【0013】請求項4に記載の発明は、請求項1から3のいずれかに記載の発明において、道路幅処理部がサブエレメントの両側に存在する壁面間の平均距離を道路幅データとし、第1格納手段が、サブエレメントを中心として、相互に壁面間の平均距離離れた位置を連続した壁面の位置として第1のメモリに格納することを特徴とする。

【0014】請求項5に記載の発明は、送信点から放射される電波の軌跡を追跡し、受信点に到達する電波の強度を加算することにより受信点の電界強度を計算する電界強度推定方法において、道路の位置を示す道路データに基づいて道路を直線のサブエレメントに分解し、道路に対する建物の位置を記憶した建物データを用いてサブエレメントの両側の建物間の距離を算出する。建物間の距離に基づいてサブエレメントの道路幅を算出し、サブエレメントを中心として相互に道路幅離れた位置を連続した壁面の位置として第1のメモリに格納する。また、道路のノードにおける道路の交差角および壁面位置格納手段により記憶された壁面の位置に基づいて算出した、ノードにおける回折点の位置および回折角を表すデータをノードに対応づけて第2のメモリに格納する。第1のメモリに格納した連続した壁面の位置ならびに第2のメモリに格納した回折点の位置および回折角に基づいて、送信点から受信点への電波の軌跡をトレースし、軌跡に基づいて受信点における電界強度を計算することを特徴とする。

## 【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例を説明する。

## (実施形態1)

## 1. ハードウェア構成

図8は、本発明受信レベル判断装置の構成の一例を示すブロック図である。本受信レベル判断装置は、道路幅取得部40とレイトレースによる受信レベル計算処理部50とを有する。

【0016】道路幅取得部40は、データベース46と、ノード・エレメント処理部42と、道路幅処理部44とを有する。データベース46は、ネットワーク情報として表される道路データ47、並びに建物の位置および各建物の壁面の位置を記憶する建物データ48を格納している。ノード・エレメント処理部42は、道路データ47を用いて、ノード、エレメント、およびエレメントを直線近似したサブエレメントの位置を判断する。道路幅処理部44は、サブエレメント毎に道路の近傍の建物データを検索して道路幅を求める。

【0017】データベース46は、特許請求の範囲に記載の「第1のメモリ」および「第2のメモリ」に該当する。但し、「第1のメモリ」および「第2のメモリ」は物理的に異なるメモリであっても良い。図8では、デー

## 6

タベース46をハードディスクのイメージで示しているが、「第1のメモリ」および「第2のメモリ」は、半導体メモリであっても、磁氣的または光学的なメモリであっても良い。

【0018】受信レベル計算処理部50は、電波の送信点および受信点の位置を入力するインターフェース52と、送信点から放射される電波の軌道を追跡するレイトレース部54と、受信点の電界強度を計算する受信レベル計算部56とを有する。

## 10 【0019】2. 道路幅の判断

図9を用いて、各道路の道路幅を判断する方法を説明する。まず図9(A)に示される道路情報を用いて、交差点と道路の関係を、分岐点であるノードの情報と線であるエレメントの情報で表す。ここでノードの情報は、例えば、ノード番号とノード位置で表すことができる。またエレメントの情報は、例えばエレメントの両端のノードのノード番号と、線路を示す情報で表すことができる。各エレメントは曲線である場合があるので、図9

(B)に示すように直線で近似したサブエレメントに分解する。各サブエレメントの両端の位置をデータベース46に格納する。

【0020】図10に示すように、各サブエレメントに対応する道路の両側にある建物を建物データ48から検索する。次に検索された建物の全壁面の中でサブエレメントからの距離が一定のしきい値 $S_{th}$ 以下の壁面を選択する。サブエレメントから壁面までの距離は、データベース46に格納したサブエレメントを中心とした両側の建物の位置を用いて計算する。選択した右側と左側の壁面を用いて左右の壁面の空間距離を求める。

30 【0021】図11を用いて、左右の壁面の空間距離から道路幅 $W$ を計算する方法を説明する。道路の左右に分けて(1)サブエレメントから壁面までの空間距離の最小値、(2)サブエレメントから壁面までの空間距離の平均値、または(3)サブエレメントから壁面までの統計的な累積確率値(例えば、90%値等)等を求める。このようにして求められた左右の値を加算して道路幅 $W$ を求める。

【0022】以上の処理により建物データから道路幅 $W$ を求めることができる。また、サブエレメントから左側および右側の空間距離を個々に求めるのではなく、図12に示すように左右の壁面間の距離を求め、その平均値、最小値、あるいは累積確率値(例えば、90%値等)等を道路幅 $W$ としても良い。このとき、閾値内に壁面が無い部分では、サブエレメントから距離 $S_{th}$ の位置に壁面があるとして平均値を計算する。

## 【0023】3. 反射面および回折点の計算

図13は、各サブエレメントに反射面を設定する処理を示す。まず1つのサブエレメントを選択する( $S_{11}$  0)。次に、選択したサブエレメントの道路幅 $W$ を用いて、サブエレメントを中心として相互に道路幅だけ離れ

た位置を壁面の位置として設定する。この壁面は、高さが無限で連続な反射面とし（S120）、これを道路端の壁面に投影する（S130）。

【0024】反射面となる材質の電気的情報等はサブエレメント毎に一種類とする。但し全サブエレメントで同じ値としても良い。S110からS130で得られたデータをサブエレメントを表す情報に対応付けて、反射面情報としてデータベース46に格納する。このデータは、後にレイトレースに用いる。全サブエレメントについての計算が終了するまで、S110からS140を繰り返す（S150）。

【0025】図14は、各ノードに回折点を設定する処理を示す。まず1つのノードを選択する（S210）。次に回折角が道路の交差角に等しい高さが無限の回折点を設定して（S220）道路端の交点に投影する（S230）。S210からS240で得られた情報を回折点情報としてデータベース46に格納する。全ノードの回折点を計算するまでS210からS240を繰り返す（S250）。

【0026】図15に、図13および図14に示す処理により設定された反射面および回折点の例を示す。この例では、道路幅がW1及びW2である道路（サブエレメント）の両側に反射面が設定されている。これらの反射面および回折点を表すデータが、データベース46に格納されている。

#### 【0027】4、レイトレース

図16に、モデル化されたデータの一例を示す。データベース46に格納された、反射面および回折点を表すデータに基づいて、送信点から受信点までレイトレースする。図16では、サブエレメントの道路幅W1およびW2が計算によって求められている。このようにモデル化した道路上でレイトレースを行う。

【0028】図16（A）では、送信点からの見通し範囲に受信点がある。この場合、レイトレースに必要な情報は、道路幅W1のサブエレメントにおける道路の両側の反射面のみである。図16（B）では、送信点からの見通し外に受信点がある。しかし、レイトレースに必要な情報は道路幅W1のサブエレメントおよび道路幅W2のサブエレメントにおける道路の両側の反射面と、ノード（回折点）の情報だけに限定される。

【0029】このため、建物データから反射面および回折点を直接検索してレイトレースする従来の技術と比較して、反射面および回折点の数を極めて少ない。このためメモリに記憶する情報の量を大幅に削減することができる。また、送信点と受信点間の反射の組合せの数が大幅に削減されるので、レイトレースの計算処理を高速化することができる。

【0030】（その他）以上発明の実施の形態を説明したが、本出願に係る発明の技術的範囲は上記の実施の形態に限定されるものではない。上記実施の形態に種々の

変更を加えて、特許請求の範囲に記載の発明を実施することができる。そのような発明が本出願に係る発明の技術的範囲に属することは、特許請求の範囲の記載から明らかである。

#### 【0031】

【発明の効果】本発明によれば、反射面および回折点の数を削減することができるのでメモリに記憶する情報の量が削減される。また、送信点と受信点間の反射の組合せの数が削減されるのでレイトレースの計算が速くなる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 レイトレース法の概略を説明する説明図である。

【図2】 イメージ法の概略を説明する説明図である。

【図3】 イメージ法を用いた場合の送信点と受信点の間のレイの組合せ数を説明する説明図である。

【図4】 溝形モデルを用いた場合の送信点と受信点の間のレイの組合せ数を説明する説明図である。

【図5】 溝形モデルを用いた場合における道路幅の定義方法の一例を説明する説明図である。

【図6】 溝形モデルを用いた場合における道路幅の定義方法の一例を説明する説明図である。

【図7】 溝形モデルを用いた場合における道路幅の定義方法の一例を説明する説明図である。

【図8】 本発明の実施形態における電界強度計算装置の構成を示すブロック図である。

【図9】 道路データからサブエレメントへの展開を説明する説明図である。

【図10】 サブエレメントの近傍にある壁面の検索を説明する説明図である。

【図11】 サブエレメントから壁面までの距離の算出方法を示す説明図である。

【図12】 道路幅の取得方法を示す説明図である。

【図13】 壁面位置の計算方法を示すフローチャートである。

【図14】 回折点の計算方法を示すフローチャートである。

【図15】 溝形モデルの形状を示す説明図である。

【図16】 溝形モデルを用いたレイトレース方法を示す説明図である。

#### 【符号の説明】

40 道路幅取得部

42 ノード・サブエレメント処理部

44 道路幅処理部

46 データベース

47 道路データ

48 建物データ

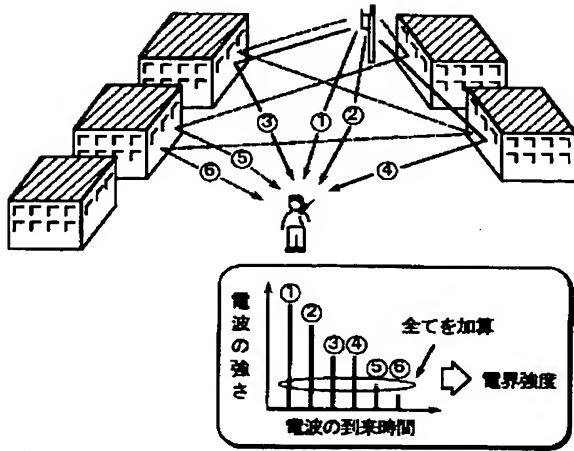
50 受信レベル計算処理部

52 インタフェース

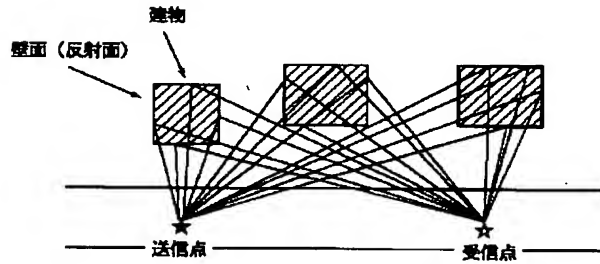
54 レイトレース部

## 5.6 受信レベル計算部

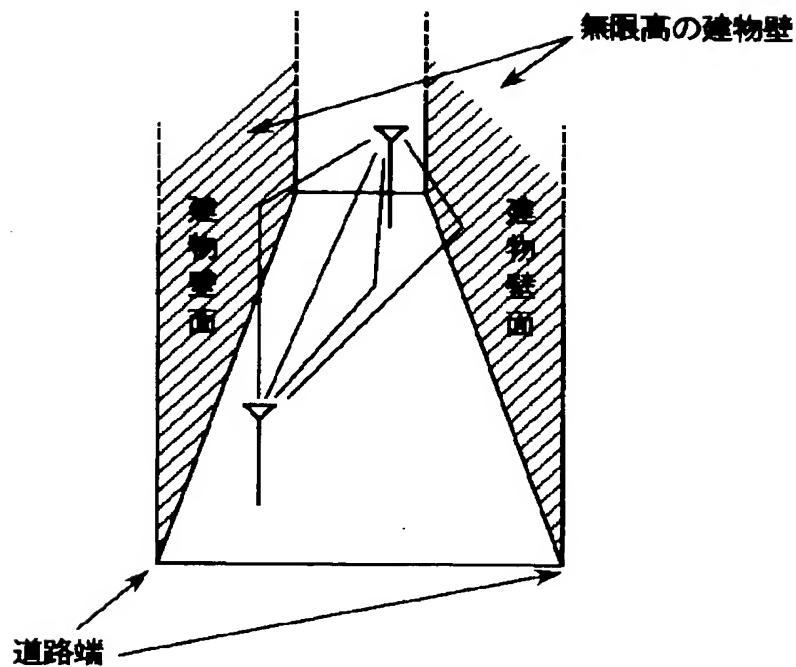
【図 1】



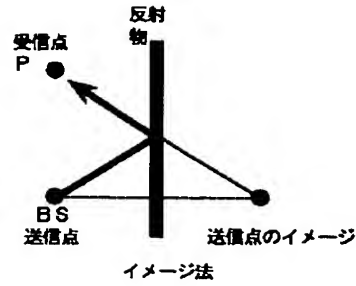
【図 3】



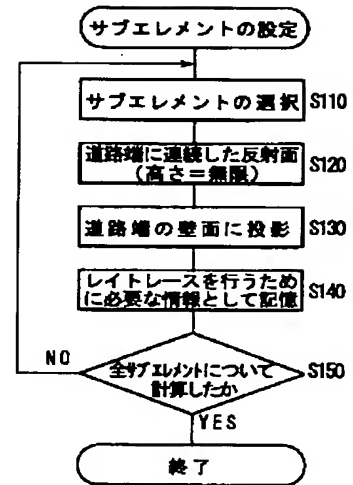
【図 4】



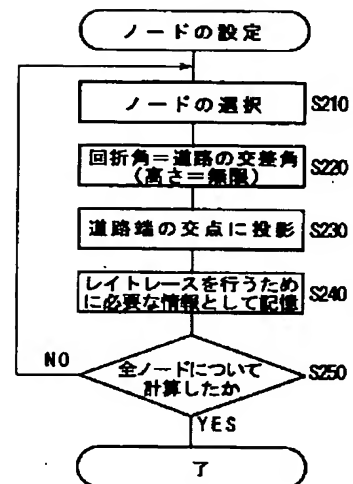
【図 2】



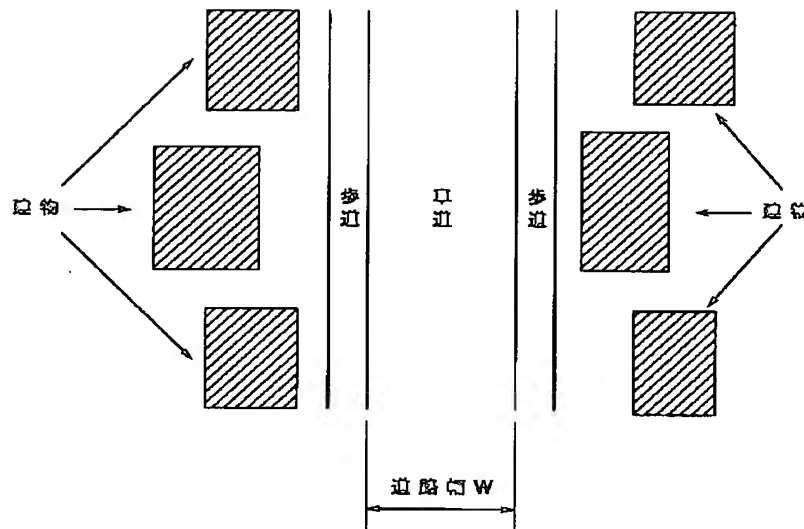
【図 13】



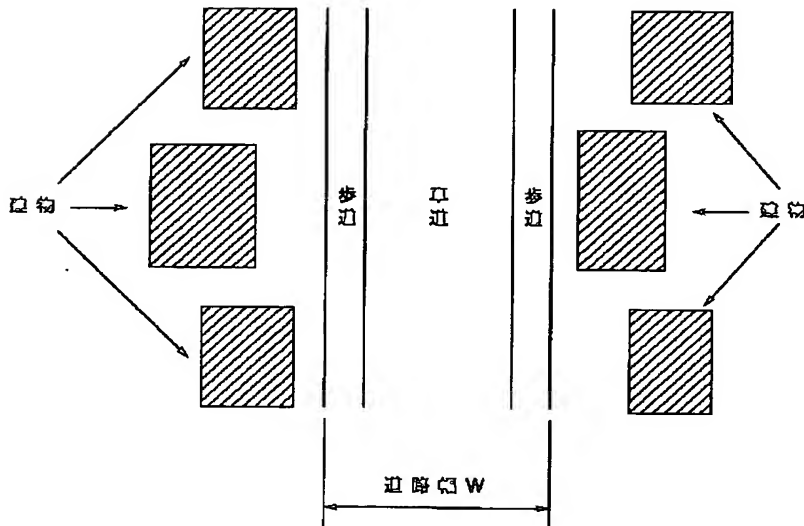
【図 14】



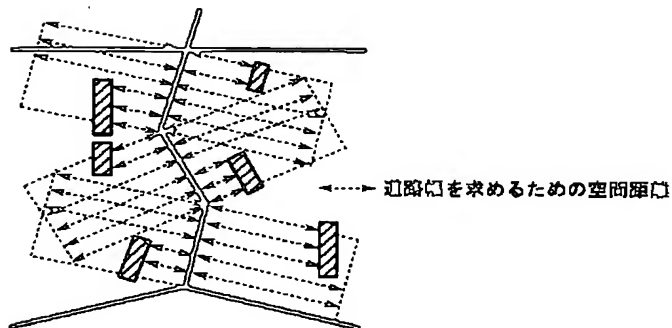
【図5】



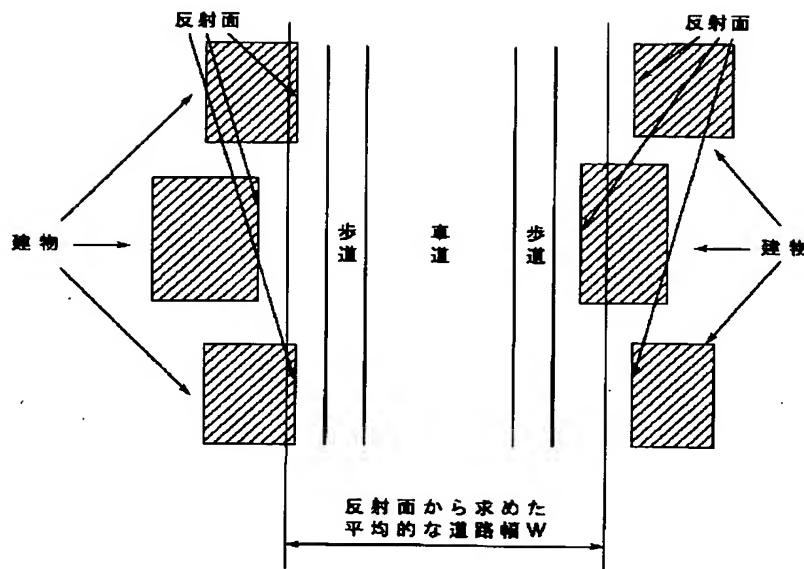
【図6】



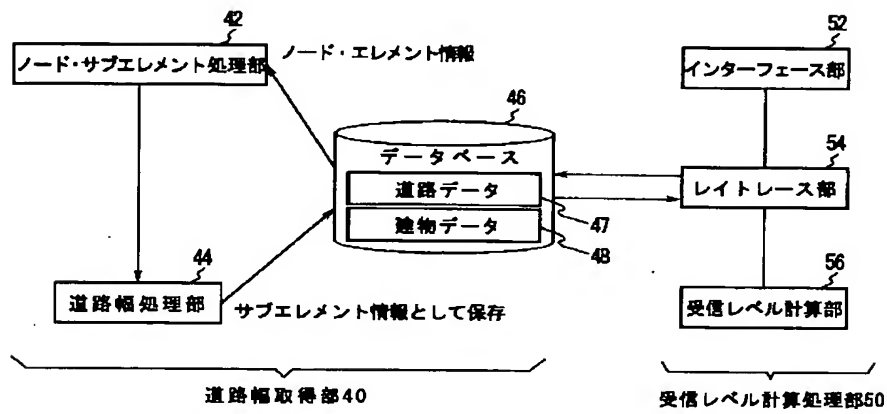
【図11】



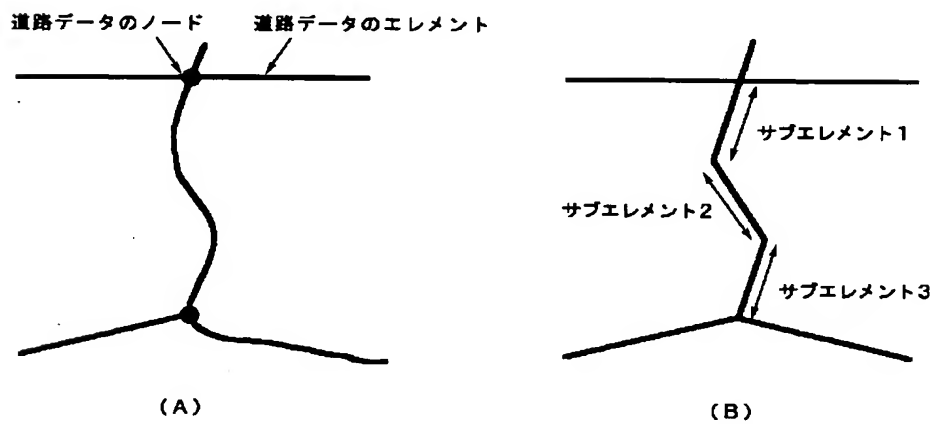
【図7】



【図8】

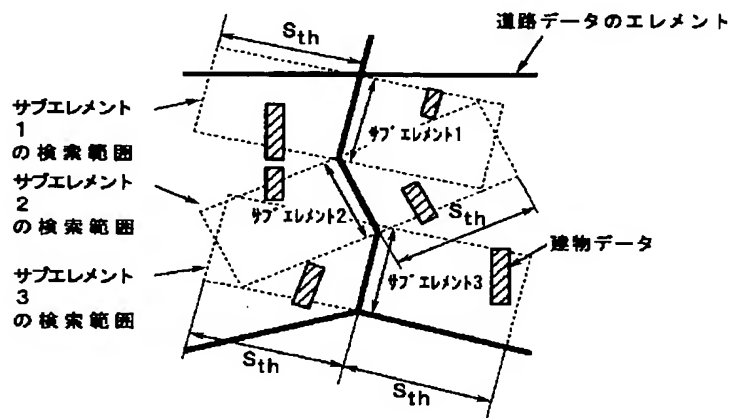


【図9】

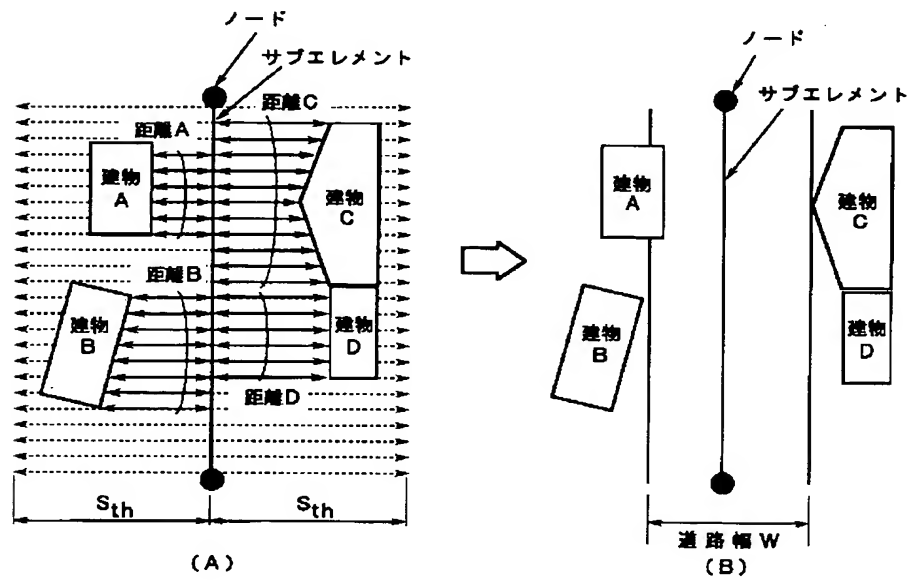




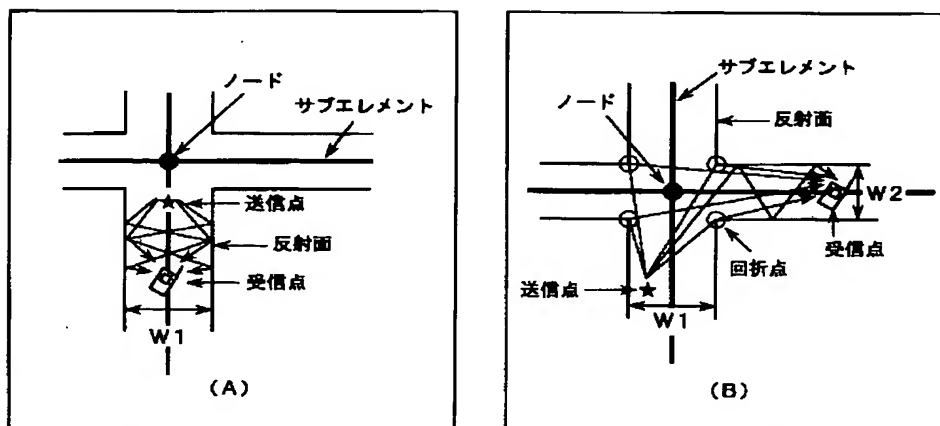
【図10】



【図12】



【図16】



【図15】

